Artículo de Investigación

Uso de microorganismos eficientes para la depuración de contaminantes orgánicos en aguas residuales urbanas



Use of efficient microorganisms for purification of organic pollutants in urban wastewater

Ortiz, Daniel; Anrango, María José; Pérez, Héctor; Chela, Lizeth; Villagrán, Gabriela; Fernandez, Leonardo

Daniel Ortiz
dortiz@tecnologicosucre.edu.ec.
Instituto Nacional de Biodiversidad - INABIO , Ecuador
María José Anrango
manrango@tecnologicosucre.edu.ec
Instituto Nacional de Biodiversidad - INABIO , Ecuador
Héctor Pérez
hperez@tecnologicosucre.edu.ec
Instituto Superior Tecnológico Sucre , Ecuador
Lizeth Chela
lchela@tecnologicosucre.edu.ec
Instituto Superior Tecnológico Sucre , Ecuador
Gabriela Villagrán
gvillagran@tecnologicosucre.edu.ec
Instituto Superior Tecnológico Sucre , Ecuador
Leonardo Fernandez
lfernandez@tecnologicosucre.edu.ec
Instituto Superior Tecnológico Sucre , Ecuador

Ecuadorian Science Journal
GDEON, Ecuador
ISSN-e: 2602-8077
Periodicidad: Semestral
vol. 5, núm. 3, Esp., 2021
esj@gdeon.org

Recepción: 30 Septiembre 2021
Aprobación: 31 Octubre 2021

URL: http://portal.amelica.org/ameli/journal/606/6062738028/

DOI: https://doi.org/10.46480/esj.5.3.16

Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra sus sitios web personales o en depósitos institucionales, después de su publicación en esta revista, siempre y cuando proporcionen información bibliográfica que acredite su publicación en esta revista. Licencia de Creative Commons Las obras están bajo una https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es

Resumen: Una alternativa aplicable al tratamiento de aguas residuales es la biorremediación, que consiste en la integración eficiente de microorganismos en el agua a tratar; estos actúan como agentes depurativos debido a su capacidad de asimilar contaminantes a través de procesos metabólicos y utilizar estos como nutrientes. En esta investigación, se capturaron microorganismos de áreas ricas en diversidad y condiciones climáticas adecuadas; para su identificación se utilizaron técnicas como la tinción de Gram, luego, para su reproducción masiva, se construyó un biorreactor y al mismo tiempo se trataron las aguas residuales urbanas de los conjuntos residenciales. En la identificación de los microorganismos se obtuvieron dos cepas de bacterias Gram positivas, las cuales se utilizaron para depurar las aguas residuales vertidas en los ríos Pita y Santa Cecilia respectivamente con una importante carga contaminante de pH, DQO, DBO5 y sólidos sedimentables, las cuales fueron: para la cepa 01 - jardín, porcentajes de eficiencia del 13,33%; 67,96%; 54,62% respectivamente; para la cepa 01 - Pululahua los porcentajes de eficiencia fueron 9.33%; 69,15%; 62,52% y 48,14% para los mismos parámetros. Los resultados obtenidos sugieren un potencial de biodegradación con estos microorganismos Gram positivos.

Palabras clave: DQO, BDO5, aguas residuales, pH, microorganismos.

Abstract: An alternative applicable to wastewater treatment is bioremediation, which consists of the efficient integration of microorganisms in the water to be treated; These act as cleansing agents due to their ability to assimilate pollutants through metabolic processes and use these as nutrients. In this research, microorganisms were captured from areas rich in diversity and suitable climatic conditions; For its identification, techniques such as Gram staining were used, then, for its massive reproduction, a bioreactor was built and at the same time the urban wastewater from the residential complexes was treated. In the identification of the microorganisms, two strains of Gram-positive bacteria were obtained, which were used to purify the wastewater discharged into the Pita and Santa Cecilia rivers, respectively, with an important pollutant load of pH, COD, BOD5, and sedimentable solids, which were: for strain 01 - garden, efficiency percentages of 13.33%; 67.96%;

VISIT…

LANZAROTE Caliente.com



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

Como citar: Ortiz, D., Anrango, M. J., Pérez, H., Chela, L., Villagrán, G., & Fernandez, L. (2021). Uso de microorganismos eficientes para la depuración de contaminantes orgánicos en aguas residuales urbanas. Ecuadorian Science Journal, 5(3), 355-362. DOI: https://doi.org/10.46480/esj.5.3.165

54.62% respectively; for the strain 01 - Pululahua the efficiency percentages were 9.33%; 69.15%; 62.52% and 48.14% for the same parameters. The results obtained suggest a potential for biodegradation with these Gram-positive microorganisms.

Keywords: COD, BDO5, wastewater, pH, microorganism.

Introducción

Los vertidos de aguas residuales urbanas no tratadas se descargan directamente en subcuencas hidrográficas, comprometiendo la calidad del recurso, que se considera limitado ya que el 0,6% del agua dulce a nivel mundial corresponde a ríos, lagos y lagunas; la contaminación de este recurso escaso pone en peligro la salud humana con un riesgo latente de pérdida del ecosistema (Centeno et al., 2019).

Las aguas residuales contienen componentes orgánicos e inorgánicos, así como patógenos que incluyen bacterias, virus y protozoos. Estos componentes al ser ingeridos desencadenan una serie de enfermedades que alteran la salud pública de un país y afectan a miles de personas, llegando incluso a la muerte; por ello, es evidente la implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales cuya depuración sea constante, eficiente y con bajos porcentajes de inversión (Velasco et al., 2018).

En Ecuador aún existen cantones donde el sistema de agua potable es deficiente, los servicios de alcantarillado en los centros poblados no cumplen con los diseños de saneamiento adecuados y las inversiones para mejorar la calidad de vida de las personas no se estiman en los presupuestos estatales. Actualmente en el país, existen áreas rurales donde aún se utilizan fosas sépticas, lo que genera mal olor y una pobre reducción de materia orgánica (Boletín Técnico, 2018).

Se ha propuesto diferentes tipos de tratamientos para obtener agua segura con el fin de brindar una alternativa menos costosa y con un índice de alta eficiencia en comparación con su consumo y depuración, por esta razón se han generado diferentes experiencias de tratamiento. El éxito en la remoción de contaminantes con alta carga orgánica, no se debe exclusivamente a modelos de tratamiento de alta tecnología, sino que va más allá solo de la parte económica, influye en aspectos culturales, biofísicos, políticos, administrativos, entre otros que han generado el fracaso o éxito de un sistema propuesto (Yépez et al., 2018).

Desarrollar soluciones alternativas para el tratamiento de aguas residuales es generar oportunidades para resolver problemas de salud pública, por lo que es importante contar con un sistema de gestión integral y diferentes opciones de tratamiento que se ajusten a la realidad de cada área, evaluando lo económico, político y social. Es por ello que se ha buscado dar tratamientos biológicos y anaeróbicos como alternativas a la depuración de aguas residuales, la presencia o reducción de bacterias, hongos y virus es muy susceptible a los cambios directos o indirectos que ocurren en el medio y es un foco de estudio para su evaluación. y tratamiento de agua (Martínez, 2016).

Este estudio busca implementar alternativas de tratamiento eficientes, por lo que se propone recolectar y estudiar bacterias de origen natural, recolectadas en suelos de diferentes zonas turísticas de las provincias de Cotopaxi y Pichincha, tomando alrededor de cinco muestras útiles para el estudio, las que se llevaron al laboratorio para conocer el nivel de degradación de la materia orgánica en las aguas residuales, este estudio se ha realizado con pruebas de éxito y error para saber cuáles son las bacterias más adecuadas frente a los requerimientos que genera el agua contaminada por la descarga de aguas residuales en Quito, con el fin de darle un uso sustentable y viable en aspectos económicos y sociales de gran utilidad para áreas de alta vulnerabilidad económica (Ceballos et al., 2017).

Materiales y Métodos

Área de estudio

Lloa (Palmiras): Es una parroquia rural de Quito, ubicada al suroeste de las faldas del volcán Guagua Pichincha. Es un estrecho valle verde con amplias extensiones de pastizales destinados a actividades turísticas y ganaderas. Esta localidad fue elegida por su diversidad climática.

Puengasí (San Miguel De Collacoto): En un barrio de la ciudad de Quito, sector conocido como "el gallo de oro", la zona seleccionada era parte de una finca Collacoto que pertenecía a un grupo de alemanes, actualmente viven en el sector 35 familias que se dedican a la siembra de maíz, patatas, frijoles, habas, calabacines y diversas frutas.

Calacalí (Reserva Botánica Pululahua): Es un espacio aislado y tranquilo ubicado a las afueras de la ciudad de Quito. Es la única área protegida del país que cuenta con la categoría de "Reserva Geobotánica.

Parque Nacional Cotopaxi: El ecosistema predominante en el parque es el páramo, con su especial flora y fauna, por lo que la vegetación principal son pastizales y pequeños arbustos de coníferas.

Cascada de Rumibosque: Ubicado en la finca integral sustentable Inkamaya, sector Loreto a 12 km de la ciudad de Sangolquí.

Identificación de microorganismos

Las muestras de suelo obtenidas de los puntos antes mencionados se sometieron a homogeneización, colocando 10 g de suelo en 90 ml de agua esterilizada. Este proceso se lo realizo durante 15 min. Se hicieron diluciones seriada hasta 10-9 para reducir la concentración de cada muestra de suelo, se cultivó las diluciones 10-6, 10-7 y 10-8. El caldo nutriente se preparó como medio de cultivo para el crecimiento de los microorganismos, se incubaron durante 48 horas a 37 °C. Una vez transcurrido este tiempo, se realizó una caracterización macroscópica según la morfología de las colonias y microscópica utilizando la Tinción de Gram.

Aislamiento de microorganismos

Con la tinción Gram para identificar bacterias Gram positivas u Gran Negativas, se procedió a realizar cultivos puros de las colonias que presentaban este tipo de bacterias. La resiembra se realizó en Agar Nutriente, incubado durante 48 horas a 38ºC. Se repitió la técnica de tinción de Gram para asegurar que solo se obtuvieron bacterias Gram positivas. Las cepas puras se suspendieron en agua estéril para su posterior aplicación en el tratamiento de aguas residuales urbanas (Mora & Bravo, 2017).

Ensayos físico-químicos de aguas residuales

Muestras de agua residual se tomó del alcantarillado de la Urbanización Vista Real. Parámetros como el pH, temperatura y caudal se analizaron in situ, utilizando el multiparámetro HACH 840. Se tomó una muestra de 3L con preservación para analizar en el Laboratorio acreditado Demapa Cía Ltda, los parámetros químicos DQO, DBO5, sólidos sedimentables, utilizando métodos estandarizados (Standard Methods, 2015).

Para analizar la Demanda Química de Oxígeno, DQO se utilizó el método espectrofotométrico a una longitud de onda de 540 nm con digestión de muestra durante 2 horas a 150 ± 3 ° C. Se empleó una dilución para determinar la demanda bioquímica de oxígeno, BDO5, por el Método Winkler, que mide el oxígeno

disuelto inicial y final de la muestra. Los sólidos sedimentables se midieron por el método volumétrico, utilizando los conos de Imhoff.

Para verificar la eficiencia de la Biorremediación de aguas residuales tratadas con bacterias nativas aisladas de diferentes ambientes, se analizaron estos mismos parámetros antes, durante y después del proceso de Biorremediación.

Construcción del biorreactor

Se construyó un biorreactor para el crecimiento masivo de biomasa (bacterias aisladas). El análisis de factibilidad permitió obtener los materiales, como tanque de 25 L, mangueras para el sistema de suministro de aire, bomba de agitación, sistema de salida de gas, sistema de muestreo, control de temperatura. El objetivo de la construcción del biorreactor fue mantener la fermentación microbiana que se manifiesta en la transferencia de oxígeno, mezcla eficiente, control efectivo de la temperatura y mantenimiento de la esterilidad para que las cepas nativas aisladas tengan las condiciones óptimas de reproducción y se utilicen como biomasa en el tratamiento de aguas residuales como puede purificar contaminantes de forma natural y eficaz (Serrat & Méndez, 2015).

Reproducción de microorganismos: Para la reproducción de la biomasa, se colocó en el biorreactor 10 litros de agua saturada de oxígeno, 5 litros de melaza, 250 gramos de levadura, 500 mL de yogur natural y 50 mL de caldo de cultivo bacteriano.

Crecimiento de microorganismos: 20 días después de inocular el primer cultivo, se tomó 1mL del biorreactor y se realizó un cultivo en agar nutriente, se encontró que las bacterias seguían el proceso de crecimiento normal.

Pruebas de biorremediación

Las pruebas de biorremediación consistieron en poner el agua residual doméstica en contacto con las bacterias aisladas (biomasa Cepa 01- Jardín y Cepa 02- Pululahua), se tomó un litro de agua residual caracterizada y se puso en contacto con 1 mL de cultivo bacteriano. Se conectó a una bomba de aireación y se dejó actuar durante 3 días. Todos los días, se tomó una alícuota de 5 mL y se midió la DQO para verificar la eficiencia de la purificación (Duque et al., 2018).

Resultados y Discusión

Caracterización de microorganismos

Al realizar diluciones seriadas, las colonias de bacterias se caracterizaron a nivel macro y microscópico en Agar Nutritivo. En la resiembra se obtuvieron 2 tipos de cepas bacterianas, como se muestra en la Tabla 1, donde se revela la variedad en forma, borde, elevación, textura y color de las colonias (Montecé et al., 2017)

PDF generado a partir de XML-JATS4R

TABLE 1
Cepas en Agar Nutritivo

Table 1. Cepas en Agar Nutritivo

Cepa	Características
Cepa 01-Jardin	Borde dentado, textura cremosa, plano, forma circular, blanco, Gram +, bacilos.
Cepa 02-Pululahua	Cepa 02-Pululahua Borde entero, textura cremosa, plano, color amarillo, Gram +, estreptobacilos.

Autores

En cuanto a la caracterización microscópica, se obtuvieron bacilos grampositivos y estreptobacilos, utilizando la tinción de Gram y con el objetivo de 100x se evidencia la morfología de las colonias. Figuras 1 y 2.

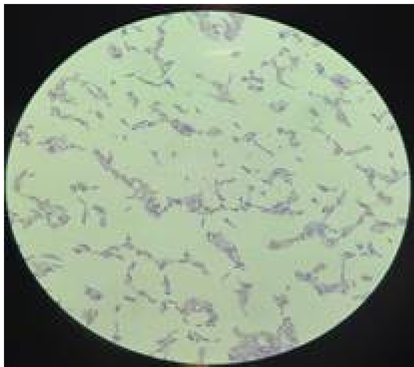


FIGURA 1
Gram +, bacilos, muestra de jardín vistos bajo el microscopio en el objetivo de 100x.
Autores



FIGURA 2.
Gram +, bacilos, muestra de Pululahua vistos bajo el microscopio en el objetivo de 100x.
Autores

Si bien las condiciones climáticas de las zonas montañosas de la Provincia de Pichincha permiten el crecimiento de una gran diversidad de microorganismos, no todos son aptos para integrarse al tratamiento de

aguas residuales. Para (Maldonado, 2017) en su artículo científico sobre "Evaluación de la actividad biológica de consorcios bacterianos que remedian aguas residuales contaminadas con detergentes", menciona la importancia de los factores fisicoquímicos del suelo para el desarrollo y crecimiento de microorganismos. En cuanto a la identificación (Mau, 2011) en su investigación "Aislamiento de bacterias del suelo y su potencial uso en sistemas de tratamiento de aguas residuales", la biomasa bacteriana es muy diversa, siendo los diferentes morfotipos microbianos los bacilos gramnegativos mayoritarios (52,9%), bacilos grampositivos esporulados (29,4%), grampositivos no esporulados (5,9%). De las poblaciones grampositivas, se seleccionaron dos cepas para su aplicación en el tratamiento de aguas residuales urbanas denominadas Cepa 01-jardin y Cepa 02-Pululahua (García et al., 2018, Gallut et al., 2016).

Resultados de la caracterización agua residual

La Tabla 2 muestra que las aguas residuales domésticas cumplen con dos parámetros de los cinco analizados, en el parámetro de pH y temperatura; mientras que en Demanda química de oxígeno DQO, Demanda bioquímica de oxígeno DBO5, y sólidos sedimentables no cumplen con la normativa, sus valores son elevados. Como lo afirman Duque et al, (2018). La composición de las aguas residuales es variada, proviene de vertidos de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícola, ganadero y doméstico, contiene una alta carga de contaminantes orgánicos e inorgánicos y requiere tratamiento para su vertido en un cuerpo de agua (Montecé et al., 2017).

TABLA 2
Caracterización del agua residual doméstica

Tabla 2. Caracterización del agua residual doméstica

Parámetro	Valor	Unidad	Normativa NT002
pH	7,5	Unidad de pH	6- 7
Temperatura	11,5.	°C	<40
DQO	680,63	mg/L	350
DBO5	187,58	mg/L	170
Solidos sedimentables	23,14	mg/L	20

Autores

Eficiencia de biorremediación

Con la cepa 01 - Jardín y la cepa 02- Pululahua, se realizaron pruebas de bioconversión en los reactores AX01 y AX02 en condiciones controladas, agitando 80 rpm, volumen de 5L, inóculo 1,5 ml de bacterias y agua residual previamente caracterizada. Los resultados se muestran en la Tabla 3

TABLE 3.
Caracterización de aguas residuales domésticas con las cepas a las 72 horas de su aplicación.

Table 3. Caracterización de aguas residuales domésticas con las cepas a las 72 horas de su aplicación.

Parámetro	Valor Cepa 01-jardin	Valor Cepa 02-Pululahua	Unidad	Normativa NT002
pH	6,5	6,8	Unidad de pH	6-7
Temperatura	18,3	17,5	°C	<40
DQO	218,06	210	mg/L	350
DBO5	85,12	70,30	mg/L	170
Solidos sedimentables	8,75	12,00	mg/L	20

Autores

Como señalan Bejarano & Escobar, 2015 en el estudio de la eficiencia del uso de bacterias para el tratamiento de aguas residuales domésticas, el tiempo de retención para la degradación de materia orgánica por microorganismos fotosintéticos es de 24 ha 48 h. En nuestro estudio, se experimentó con 78 horas como tiempo de retención; Se evidencia que los parámetros cuantificados tanto para la cepa 01 - Jardín como 01- Pululahua los resultados son eficientes, es decir, que cumple con la normativa ambiental vigente. Tabla 3 A1. Límites máximos permisibles por cuerpo receptor - Descarga al alcantarillado (Bejarano & Escobar, 2015,NT001). En la tabla 4 se puede evidenciar la eficiencia del tratamiento aplicando las cepas bacterianas.

TABLA 4
Comparación de resultados de la biorremediación con las cepas aplicadas

Parámetro	Valores iniciales	Unidad	Valor Cepa 01-Jardin	Valor Cepa 02-Pululahua	Porcentaje de eficiencia Cepa 01-Jardin (%)	Porcentaje de eficiencia Cepa 02-Pululahua (%)
pH	7,5	Unidad de pH	6,5	6,8	13,33	9,33
DQO	680,63	mg/L	218,06	210	67,96	69,15
DBO5	187,58	mg/L	85,12	70,3	54,62	62,52
Solidos sedimentables	23,14	mg/L	8,75	12	62,19	48,14

Autores

Conclusiones

Las bacterias obtenidas del muestreo de suelos en la provincia de Pichincha - Ecuador fueron bacilos Gram positivos por su característica y coloración violeta.

La aplicación de bacterias Gram-positivas de suelo de jardín y suelo de Pululahua dieron como resultado en porcentajes significativos de eficiencia con respecto al pH, DQO, DBO5 y sólidos sedimentables. El bacilo grampositivo obtenido del suelo del jardín redujo el pH en un 13,33%, la DQO en un 67,96%, la DBO5 en

un 54,62% y los sólidos sedimentables en un 62,19%. Para la cepa Pululahua, los valores de eficiencia fueron 9.33%, 69.15%, 62.52% y 48.14% para pH, DQO, DBO5 y sólidos sedimentables, respectivamente.

La eficiencia de las bacterias Gram-positivas en la eficiencia de purificación con los valores obtenidos sugieren que existen una relación de su potencial de biodegradación debido a sus características química de la pared celular de peptidoglicano y por ser las más abundantes en los suelos.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Instituto Nacional de Biodiversidad – INABIO quien colaboró con las instalaciones, para llevar a cabo los ensayos microbiológicos, a la Carrera de Tecnología en Gestión Ambiental – Sucre por la colaboración en los análisis Físico Químicos de aguas residuales.

Referencias Bibliográficas

Bejarano, M., Escobar. M. (2015). Eficiencia del uso de microorganismos para el tratamiento aguas residuales domésticas en una planta de tratamiento de agua residual. Universidad de la Salle. Ingeniería Ambiental y Sanitaria.

Boletín Técnico (2018) N. 03-2020 GAD MUNICIPALES. Gestión de Agua Potable y alcantarillado. INEC.

Ceballos, D. L. G., Melo, J. P., Izquierdo, P. F., Mondragón, E. I., Bonilla, S. P. H., & Rosero, E. M. B. (2017). Eficiencia en la reducción de Cromo por una bacteria silvestre en un tratamiento tipo Batch utilizando como sustrato agua residual del municipio de Pasto, Colombia. Universidad y salud, 19(1), 102-115.

Centeno Calderón, L. G., Quintana Díaz, A., & López Fuentes, F. L. (2019). Efecto de un consorcio microbiano en la eficacia del tratamiento de aguas residuales, Trujillo, Perú. Arnaldoa, 26(1), 433-446.

Duque, P., Heras, C., Lojano, T. (2018). Modelamiento del tratamiento biológico de aguas residuales; estudio en planta piloto de contactores biológicos rotatorios, Revista Ciencia UNEMO. Vol 11. N. 28 septiembre- diciembre 2018 pp88-96. ISSN. 1390 -4272 Impreso.

García, A., San Segundo, P. (2018). Bacterias con Actividad Antimicrobiana aisladas del Suelo en el marco del Proyecto SWI@Spain. Psychologia Latina. Vol Especial 158-161. ISSN 2171-6609. Universidad Complutense de Madrid.

Gallut, P. (2016). Aislamiento y cultivo de microorganismos asociados a oncoides de manntiales hidrotermales de Santispac, Bahía Concepción, BCS. México.

Martínez Bardales, M. D. (2016). Eficiencia en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos totales en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Celendín

Mora, A., Bravo, E. (2017). Aislamiento de microorganismos electrogécnicos con potencial para reducir cromo hexavalente. Universidad Nacional de Colombia.

Montecé Yagual, K. T., & Solis Deleg, J. A. (2017). Estudio cinético de un Biorreactor en serie para la remoción de carga orgánica en Agua Residual Sintética, utilizando bacterias selectivas (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química).

Norma Técnica para el control de descargas líquidas (NT002)

Serrat, M., Méndez, A. (2015) Construcción y Validación Experimental de un Biorreactor Artesanal Tipo Tanque Agitado para Fermentaciones Sumergidas a Escala de Laboratorio. Tecnología Química Revista Scielo. RTQ. Vol 35. N. 03. Santiago de Cuba.

Standard Methods (2013). Methods Normalized form Velasco, G., Moncayo, J., & Chuquer, D. (2018). Diagnóstico del sistema de tratamiento de aguas residuales de Manta. Universidad Central del Ecuador.

Yépez Peralta, M. F., & Quinto Yépez, M. D. (2018). Evaluación de la demanda bioquímica de oxígeno con un reactor aeróbico secuencial discontinuo de aguas residuales domésticas (Bachelor's thesis, Guayaquil: ULVR, 2018.).

analysis water and wastewater. Ediciones Días Santos S.A Madrid España.